



TITLE:

Dynatron-type Negative Resistance
Observed in the Collector-Voltage-
Saturation Region of the Junction
Transistor(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Nakahara, Osamu

CITATION:

Nakahara, Osamu. Dynatron-type Negative Resistance Observed in the Collector-Voltage-Saturation Region of the Junction Transistor. 京都大学, 1964, 理学博士

ISSUE DATE:

1964-03-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/211262>

RIGHT:

氏 名	中 原 紀 なか はら おさむ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 53 号
学位授与の日付	昭 和 39 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Dynatron-type Negative Resistance Observed in the Collector-Voltage-Saturation Region of the Junction Transistor (接合トランジスタの飽和領域におけるダイナトロン型負性抵抗) (主 査)
論文調査委員	教 授 高 橋 勲 教 授 内 田 洋 一 教 授 田 中 憲 三

論 文 内 容 の 要 旨

著者は、接合トランジスタが動作の飽和領域において、ダイナトロン型負性抵抗を示すことを発見したのであるが、この現象は半導体内の電子および正孔の振舞についての基礎的な問題と関連する物理現象として興味あるばかりでなく、広範囲の応用が開かれていて、実用上にも重要な意義を有しているのである。

著者は、主論文においてトランジスタの動作理論から、この現象の可能性を証明し、さらにトランジスタの物理的構造因子が、それに及ぼす影響について理論的考察と実験とを行ない、両者の比較検討を行っている。

接合トランジスタはベース半導体をこれと異なる伝導性の半導体のはさんだ構造を持っている。動作領域のうち、エミッタ、コレクタともにベースに対し、いわゆる順方向偏奇電圧が与えられた領域を飽和領域とよんでいる。この動作状態で、注入担体密度がベース内の多数担体密度と同程度以上になるいわゆる高注入動作ではベース半導体の伝導度変調が起こる。すなわち、注入された少数担体の電荷を中和するだけの多数担体がベース電極を通じて誘電緩和時間内にベース半導体に流入してベース内の多数担体の数が増加し、その伝導度が変調されるのである。また、ベース半導体の抵抗（ベース抵抗）によって、エミッタ・ベース接合部における接合電圧、したがってエミッタから注入される少数担体密度が決まるのであるが、ベース抵抗が変化することによりエミッタから注入される少数担体密度が制御されること（ベース抵抗帰還効果）が可能である。

したがって、ベース抵抗がコレクタから注入される少数担体によって変調を受ける場合、エミッタから注入される少数担体密度がコレクタ電圧の関数として変調される。この場合、コレクタ電圧が順から逆の方向へ変化するにつれてベース抵抗が増大してエミッタから注入される少数担体密度が減少し、したがってコレクタ電流も減少するのである。

一方において、エミッタからコレクタへ流れる電流は注入された少数担体の密度分布の勾配に比例する

拡散電流であるが、コレクタ偏奇電圧が順から逆の方向へ変化するにつれてコレクタから注入される少数担体密度が減少し、コレクタ電流がコレクタ電圧とともに増加する効果（内部帰還効果）がある。

上記二効果は相反する性質のものであって、普通のトランジスタでは後者が優位で常に正のコレクタ抵抗があらわれるのである。

しかし、前者が後者をしのぐようにすることができればコレクタの電流電圧特性にダイナトロン型負性抵抗が見られるはずである。

著者は、この可能性を理論的に示したのであるが、この可能性を実現するトランジスタを、不純分拡散、合金、浸触等の技術を用いて試作し、負性抵抗を観察した経過を述べ、さらに上記の負性抵抗に及ぼすトランジスタの物理的構造因子、すなわちベース半導体内の不純物、注入される少数担体の有効寿命、半導体の表面状態等の影響について理論的考察と実験とを行ない比較検討している。また、著者の発見の後に類似の負性抵抗が報告されているが、これはコレクタ空間電荷層幅の変化に帰着される別種のものであること、ならびにその負性抵抗値は著者のものより著しく大きいこととその理由が指摘されている。

参考論文その一は内部に加速電場を持つドリフト型トランジスタにおける空乏層の幅の諸特性に及ぼす影響について実験ならびにその理論的検討を行なったものである。その二は接合トランジスタのコレクタ空間電荷層内における電場分布が従来の理論では正確に取り扱われていないのに着目し、トランジスタの動作時のコレクタ空間電荷層内における担体の分布を、電場分布を考慮して求め、担体の走行時間への影響を数式化したものである。その三は、接合トランジスタのコレクタ電荷層幅が、電流密度が高くなった場合、担体密度の影響を受けて変化する様子を理論的に検討し、その一で得られた実験結果の解釈について述べたものである。その四、その五、その六は、分子の電子構造に関連した研究である。

論文審査の結果の要旨

著者はトランジスタのベース半導体の比抵抗を普通より高くした場合、どのような特性があらわれるかということに関心を持ち、実験の結果、ベースに真性半導体に近いものを用いた場合、コレクタ特性にダイナトロン型負性抵抗のあらわれることを見出したのである。

著者は主論文において理論的にその可能性を証明している。すなわち、相殺的な効果であるベース抵抗帰還効果と内部帰還効果とが普通のトランジスタでは、後者が前者より常に優位で、正のコレクタ抵抗のみがあらわれるが、前者が後者をしのぐようにすれば、コレクタ電流はコレクタ電圧とともに一旦増加した後、急激に減少し、ダイナトロン型負性抵抗があらわれることの可能性を理論的に示したのである。その理論の中に電子、正孔の振舞についての基礎的な問題が取り扱われている。

著者の実験したトランジスタはエミッタおよびコレクタからベースに注入される少数担体による伝導度変調の著しいことが特徴である。この負性抵抗は、動作の飽和領域すなわち、エミッタ、コレクタともに順方向の偏奇電圧を与えられている状態であらわれるもので、コレクタ電圧がある値を越えると、コレクタ電流が急激に減少しエミッタとベースを短絡した場合の暗電流値まで降下する尖鋭なものである。また、この場合最大電流値は外部からエミッタ、ベース間に与える電圧によって制御できるのである。著者はさらにベース半導体内の不純物分布、注入される少数担体の有効寿命、半導体の表面状態等の影響について

理論的考察と実験とを行ない比較検討している。なお著者の発見の後で、コレクタ空間電荷層の変化の結果と解釈される別種の負性抵抗の報告がなされているが、この場合の負性抵抗値は著者のものと比べてはるかに大きいものである。これは、空間電荷層幅は、接合電圧の平方根に比例して変化するのに対し担体密度は指数関数的に変化するためであることが指摘されている。

著者の負性抵抗は尖鋭であり、最大電流値は外部から制御可能であり、オン・オフ比が良好であり、スイッチング速度を相当速くできる等の特徴を持ち、実用上価値あるものである。

参考論文その一、その二、その三はトランジスタの基礎的な問題を理論的実験的に取り扱ったものであり、また、その四、その五、その六は物性論の基礎的問題である分子の電子構造に関連した理論的な研究であっていずれも価値ある結果を得ている。

以上のように、著者の研究は物性物理学特に固体電子学の分野に新しい知見を加え、その分野の基礎的ならびに実用的両方の進歩に貢献するところが大である。

よって本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。